



República Federativa do Brasil
Ministério do Desenvolvimento, Indústria
e Comércio Exterior
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) PI 0602623-0 B1



(22) Data de Depósito: 30/06/2006

(45) Data da Concessão: 09/06/2015
(RPI 2318)

(54) Título: PROCESSO DE TRANSFERÊNCIA DE MASSA EM LEITO FLUIDIZADO A LÍQUIDO UTILIZANDO MATERIAL PARTICULADO DISTRIBUÍDO EM CÁPSULAS

(51) Int.Cl.: B01J8/18

(73) Titular(es): Comissão Nacional de Energia Nuclear, Universidade Federal do Rio de Janeiro

(72) Inventor(es): Ricardo Pires Peçanha, Ronaldo Antonio Corrêa

RELATÓRIO DESCRITIVO DA PATENTE DE INVENÇÃO PARA “PROCESSO DE TRANSFERÊNCIA DE MASSA EM LEITO FLUIDIZADO A LÍQUIDO UTILIZANDO MATERIAL PARTICULADO DISTRIBUÍDO EM CÁPSULAS”

5 A presente invenção diz respeito a processo transferência de massa difusiva entre as fases fluida (contínua ou leve) e a fase particulada (descontínua ou pesada) de leitos fluidizados. A fase particulada dos leitos referidos é estruturada, sendo a unidade estrutural constituída por uma cápsula permeável no interior da qual se encontram partículas sólidas formando um leito que pode ser fixo ou móvel, dependendo das
10 condições de empacotamento.

 Processos de transferência de massa referem-se ao trânsito de massa entre as fases de uma mistura como resultado da diferença de concentração das espécies presentes (INCROPERA, F.P. and DE WITT, D.P., 1981, “Fundamentals of Heat Transfer”, John Wiley & Sons, Inc. p. 716). As taxas de transferência destes processos
15 podem ser incrementadas por condições termodinâmicas e fluidodinâmicas apropriadas. Um exemplo de processo de transferência de massa é a adsorção. Neste processo uma espécie química dissolvida em um fluido migra para um sólido, ficando retida sobre a sua superfície. Um outro exemplo é o promovido por resinas de troca iônica, no qual, basicamente ocorre a liberação de um íon da resina para o fluido, em troca de outro
20 presente no fluido passando a estar retido pela resina.

 É freqüente o uso da técnica do leito fluidizado para promoção de transferência de massa. Por meio desta técnica podem ser removidas da fase líquida substâncias nocivas ao meio ambiente (que de outra forma seriam despejadas com o fluido) ou recuperadas substâncias de valor para uso posterior. Como exemplos podem ser citados
25 o processo com carvão ativado para remoção de fenol de soluções aquosas diluídas (VEERARAGHAVAN et al., Chemical Engineering Science, 1989, vol 44, no. 10, pp. 2333-2344) ou o processo usando resinas poliméricas para adsorção de pesticidas (KYRIAPOULOS et al., Journal of Environmental Science and Health, 2003, vol B38, no. 2, pp. 157-168).

Uma das características do leito fluidizado é a livre circulação das partículas por todo o leito sem qualquer restrição, havendo completa dispersão axial. Isto, normalmente, requer um regime de escoamento turbulento por parte do fluido, o que implica em operações com grandes velocidades superficiais, sendo estas, associadas as
5 vazões altas, sendo esta possibilidade uma vantagem do uso de leito fluidizado.

Esta vantagem é reduzida quando a densidade das partículas e do fluido a ser tratado são muito próximas, pois resulta em pequena velocidade mínima de fluidização do leito, restringindo por consequência a vazão de operação, levando o sistema a operar apenas em regime de leito expandido (THELEN e RAMIRES, 1997, Chemical
10 Engineering and Science, vol 52, issue 19, Pages 3333-3344). A tentativa de operar em velocidades mais altas resulta em arraste do material particulado.

É objetivo desta invenção oferecer um meio para que resinas ou outros sistemas particulados cuja densidade seja próxima daquela exibida pelo fluido que se deseja tratar em processos de transferência de massa (e.g.: adsorção, troca iônica),
15 possam ser utilizados em leito fluidizado em regime de alta vazão sem que ocorra arraste da fase descontínua. Tal objetivo é alcançado pelo confinamento das partículas em cápsulas permeáveis, de modo que o conjunto possa ser submetido ao regime de fluidização requerido sem, no entanto, ser arrastado. Para isto, o leito constituído pelas cápsulas contendo material particulado deve apresentar módulo de velocidade mínima
20 de fluidização superior ao módulo da velocidade mínima de fluidização do leito de resinas livres (excedendo em pelo menos 20%), de modo que a operação de fluidização possa ser realizada com vazões de fluido superiores.

A construção da unidade estrutural deve incluir cápsulas que possuam tela com abertura de tamanho inferior ao da menor partícula presente no material
25 particulado, permitindo a percolação de fluido, porém impedindo que qualquer partícula escape através da tela. As cápsulas podem ser construídas com vários ou um único material. É necessário que o conjunto formado apresente resistência química, mecânica e térmica compatível com cada processo de fluidização. O material particulado confinado mantém contato permanente com a fase fluida, podendo assim
30 participar de processos de transferência de massa (moléculas, íons, etc.) tanto para

dentro quanto para fora da cápsula. Nele podem estar contidas apenas partículas que participem efetivamente do processo de transferência de massa, ou ter a adição opcional de partículas sólidas, inertes e com valores de densidade capazes de produzir o efeito desejado sobre a velocidade mínima de fluidização do leito caso isto não seja proporcionado pelo material de construção da cápsula. Como exemplo configuração da unidade estrutural pode ser citado o encapsulamento de resina polimérica comercial (e.g. XAD4, ROHM and HAAS Co.) em invólucro de tecido de poliéster, com o objetivo de adsorver fenol de águas residuais, em leito fluidizado. Uma vez que a densidade das cápsulas recheadas de resina é apenas ligeiramente superior à da água, a fluidização das cápsulas sofreria das mesmas limitações que a fluidização das partículas livres (baixa velocidade de fluidização). A densidade do conjunto pode então ser aumentada pela adição de esferas de vidro ou aço inoxidável ao material particulado encapsulado. Esta limitação, no entanto pode ser contornada por meio de outro exemplo de encapsulamento utilizando tela metálica de aço inoxidável com aberturas menores que o diâmetro das partículas a serem confinadas.

As cápsulas, de fato, podem ter qualquer forma geométrica sendo ideal que toda a sua área seja permeável e podem conter resinas de utilização industrial como carvão ativo granulado, resinas poliméricas adsorvedoras, zeólitas entre outras que se apliquem a processos de transferência de massa.

Pode-se submeter à fluidização uma coleção de cápsulas não necessariamente idênticas em seu conteúdo para promover a transferência de massa simultânea de diferentes substâncias, ou seja as cápsulas podem ter diferentes recheios de resina em uma mesma fluidização

Outra vantagem conferida pelas cápsulas refere-se ao fato de estarem as partículas sujeitas a um menor número de choques mecânicos. No caso de partículas friáveis isto reduz sua degradação e aumenta sua vida útil.

Como primeiro exemplo de confecção de confinamento pode-se utilizar um cilindro de vidro de 7mm de diâmetro externo e 5mm de diâmetro interno e 7 mm de altura, tendo suas extremidades cobertas com telas permeáveis de poliéster com trama de 60 fios/cm. O esquema desta configuração é mostrado na figura 1. Nestes invólucros podem ser acondicionadas até 0,07g de resina polimérica com distribuição

granulométrica na faixa de 0,4 a 0,6 mm. Um segundo exemplo de cápsulas de maior permeabilidade recorre ao uso de telas de aço inoxidável com aberturas próximas de 0,35 mm para construção de invólucros aproximadamente cilíndricos com diâmetro de 8 mm e comprimento de 10 mm, sendo recheadas 0,5 a 1,5 g de resina polimérica. Ambos os conjuntos podem ser fluidizados com velocidade superficial de fluido em torno de 120 mm/s enquanto a resina livre pode ser fluidizada com velocidade superficial máxima em torno de 1 mm/s (120 vezes menor).

Cápsulas do segundo tipo foram confeccionadas (total de 406) e fluidizadas em tubo de 65 mm de diâmetro. O esquema desta configuração é apresentado na figura 2. :
(tampas em forma de calota com 10 mm de diâmetro e 4 mm de flecha - 2: cilindro de 7 mm de altura e 8 mm de diâmetro. As partes são unidas por amarração com fios idênticos aos que compõem a tela). A fase líquida era uma solução de compostos fenólicos em água em concentração de 450 mg/L. A vazão empregada foi de 0,42 L/s e o fluido foi recirculado de forma total e contínua durante 1 hora. Esta forma de contato ensejou a transferência de massa de fenóis da fase líquida para a resina, por adsorção de modo que a concentração da solução foi reduzida para 370 mg/L.

REIVINDICAÇÃO

1. Processo de transferência de massa em leito fluidizado a líquido caracterizado por utilizar material particulado confinado em invólucro permeável.
- 5 2. Processo, de acordo com reivindicação 1, caracterizado pelo fato das cápsulas que servem de suporte para as partículas confinadas não sofrerem restrições de forma, material ou área permeável, desde que o leito fluidizado constituído pelas unidades estruturais compostas por invólucro permeável contendo material particulado apresente módulo da velocidade mínima de fluidização superior à velocidade mínima de fluidização do leito de partículas livres e seja permeável ao
10 líquido de fluidização.
3. Processo, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por utilizar partículas confinadas de qualquer tipo, desde que o material particulado tenha propriedades química e mecânica, e térmica compatível com cada processo de fluidização e de transferência de massa.

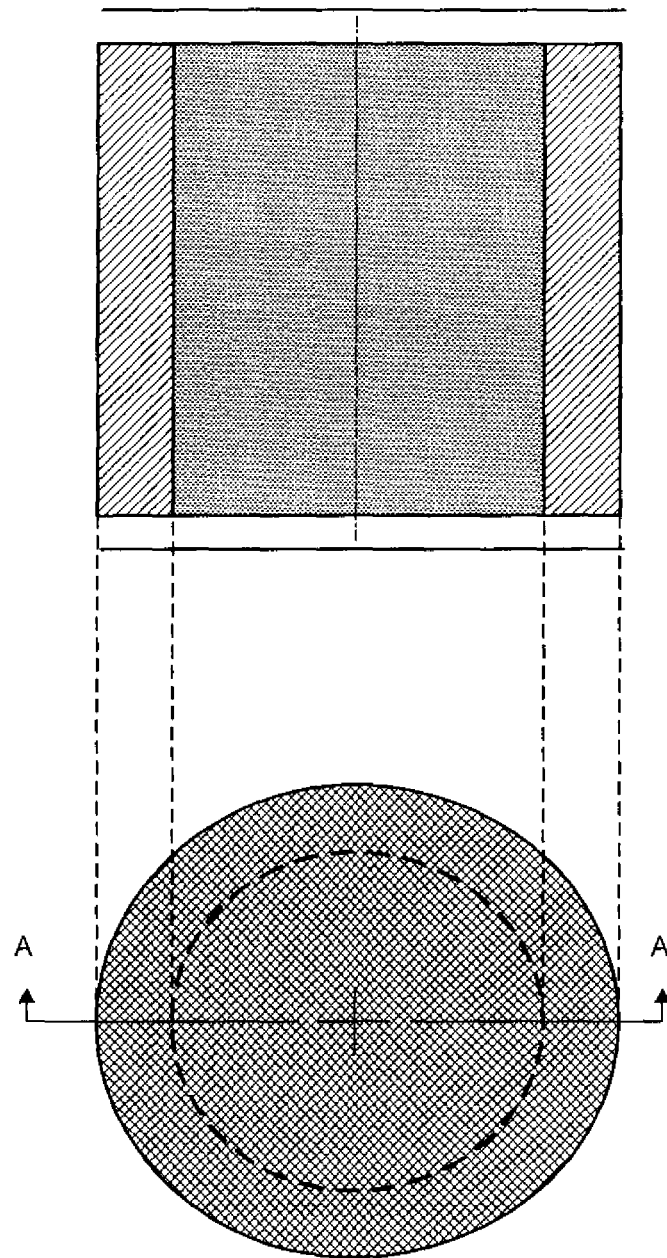


Figura 1

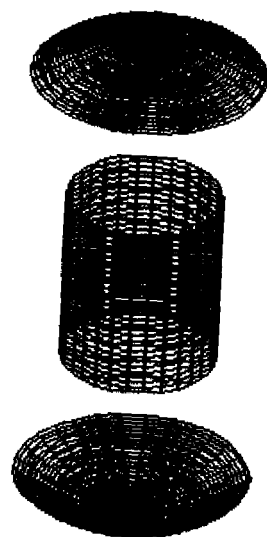


Figura 2

RESUMO**RESUMO DA PATENTE DE INVENÇÃO “PROCESSO DE TRANSFERÊNCIA DE MASSA EM LEITO FLUIDIZADO A LÍQUIDO UTILIZANDO MATERIAL PARTICULADO DISTRIBUÍDO EM CÁPSULAS”**

- 5 Processo de transferência de massa em leito fluidizado no qual a fase contínua é um líquido e a fase descontínua é constituída pelo material particulado, distribuído em cápsulas permeáveis ao líquido. As cápsulas devem ser construídas com material quimicamente inerte com relação ao meio em que atuará e de densidade controlada, de modo que, depois de acondicionar o material particulado, o conjunto deve apresentar
- 10 velocidade terminal no líquido de fluidização em repouso superior em módulo à velocidade mínima de fluidização do leito de resinas livres, de modo a permitir que a operação seja efetuada em vazões superiores àquelas observadas com o material particulado livre.